綠竹筍採收後生理與氣調貯藏之研究

張 粲 如

桃園區農業改良場

摘 要

綠竹筍是台灣重要的夏季蔬菜之一，其採收後的呼吸速率受到溫度的影響極大，採收後10小時所測定之呼吸速率數值，在30℃中爲457mqCO_2/kg.hr，在20℃中爲247mqCO_2/kg.hr，在5℃及0℃爲31mqCO_2/kg.hr；至於乙烯的產生量，採收後18小時達最高峰，所測得之數值，在20℃及30℃時爲2.7～3.0 μl/kg/hr，而在5℃及0℃時爲0.5 μl/kg/hr；影響綠竹筍採收後的品質之其他重要生理變化尙有失水，切面褐化與組織纖維化，這些項目亦受到溫度及乙烯之影響甚大。

大氣中的氧氣及二氧化碳對蔬菜的呼吸速率影響極大，本試驗以30％氧氣及50％二氧化碳組合，在常溫及低溫作氣調貯藏，均可有效地降低切面褐化與組織纖維化，同時亦俱緩和糖分降低之效果，但若氧氣低於3％或單獨使用20％之二氧化碳，會造成生長點及其周圍組織壞死，並產生異味，由物理方法與化學分析及官能品評之結果顯示，最適合於綠竹筍貯藏之氣體組成爲3％之氧氣及加10％的二氧化碳。成功的氣調貯藏技術，需能保持作物特有的香味及品質，如何達到此目標仍值得進一步研究。

前 言

綠竹筍具有質細嫩，味鮮美的特性，爲低卡路里的蔬菜，深受國人的喜好；旅居海外的華人亦常眷戀此鮮美的蔬菜；近年來，市面上雖有少量綠竹筍乾及筍罐出售，然而在美食的觀點上，綠竹筍還是以鮮食爲美味。但綠竹筍採收後，在常溫下，很快即易褐化及纖維化，因此若能研究綠竹筍採收後的處理及保鮮技術，延緩老化時期，降低纖維化，保持高的新鮮度，則不但可開拓外銷市場，並可調節國內市場供需的平衡。

一般農民對於綠竹筍採收後處理大多是採用將筍泡在水中，經數小時，洗淨後再分配到市場販賣，有的零售商再繼續泡水，經久之後，即會有異味產生；大多數綠竹筍在常溫架售，很容易劣變，引起褐化及纖維化[6,7,8]，於是有些商人即用藥劑處理筍的切口，以防止褐變。

爲了要克服綠竹筍採收後褐化及纖維化的問題，並且盡量不要用化學藥劑處理，我們應該先徹底了解綠竹筍採收後的生理變化，包括呼吸速率，組成分變化，對大氣成分中氧氣、二氧化碳及乙烯的反應，以及貯存溫度的效應等，就中找出防止劣變的方法；而有關綠竹筍採收後這方面的研究資料並不多，陳與錢等(1983)曾報告指出，溫度是影響綠竹筍鮮度的重要因子，其將採收後的綠竹筍置於室溫中，筍切面的色澤在兩天內就迅速變褐且暗化，筍基部之還原糖及總糖含量在五天內減少70％，而粗纖維含量則增加40％，若將綠竹筍貯於5℃，則上述的老化變化均有效的減緩。筆者亦曾試驗綠竹筍採收後迅速以冰水預冷20至30分鐘，再以PE塑膠袋包裝，貯於5℃，可以保持良好的鮮度達三個星期之久；而以0.1大氣壓之減壓貯藏，可以防止筍基部褐化，並延長貯運壽命至三十天以上。由這些結果推測，PE塑膠袋與減壓所造成的高二氧化碳或低氧狀況，可能對防止老化與褐變，具有某種程度的效果，氣調貯藏的原理就是利用低氧與高二氧化碳之大氣組成分影響蔬果的生理與生化變化，達到保鮮與延長產品壽命的目的，其影響植物生理與生化的範圍甚廣[23,24,29,30,31]，如呼吸作用、基本代謝、乙烯之生成與作用，有機酸與醣類之代謝、酵素之活性等，均可能受到氣調之影響，各種園產品由於形態構造與生理方面之反應各異，對於氣調之生理反應亦有很大的差異，因此在實際應用上，必需針對個別作物之特性與需要，作完整的研究，在歐美等先進國家已成功的將氣調技術應用在蘋果、梨及甘藍等產品。本研究擬由綠竹筍採收後的基本生理變化開始著手，包括呼吸代謝速率，乙烯之產生情形，切口之褐化，組成份、醣類、澱粉、維化命C等變化及探討綠竹筍對低氧與高二氧化碳的效應；進而試驗低氧與高二氧化碳不同組合的氣調貯藏效果，期能提供一些綠竹筍採收後生理的基本資料及研究方法，供日後有興趣研究者及農民與貯藏業者之參考。

材料與方法

本試驗以台北縣五股鄉觀音山農民所生產的綠竹筍爲材料，由產地採收後，立即迅速運回台大園藝系園產品處理室，先洗淨後，將竹筍基部切掉約0.5cm，形成一平整的新切口，再用400ppm的TBZ(Thiabendazole[2-(4-thiazoly)]benzimdazloe)＋chlorophenical 50 ug /ml之溶液泡5分鐘，以防實驗期間眞菌等之干擾，遂後滴乾，再進行各項處理及試驗調查。

一、呼吸速率之測定：

先選擇大小相近，外觀良好的綠竹筍一批，以逢機取樣，五支筍爲一樣品，放入壓克力製的呼吸缸(體積爲4公斤)，每處理溫度做三重複，處理溫度共有30℃、20℃、5℃及0℃；將呼吸缸封口，以流通式通入空氣，每隔一定時間，由呼吸缸之出氣口,用塑膠針筒抽取1ml ，以氣相層析儀(Shimadzu Model GC-8A)，分析二氧化碳濃度，並換算爲mg CO_2 kg /hr。

二、乙烯之測定：

以上述測呼吸速率的裝置，每隔一定的時間，由呼吸缸之出氣口，同樣用塑膠針筒抽取1ml之氣體，以氣相層析儀(Shimadzu Model GC-8APF)，分析乙烯濃度，並換算$\mu l\ C_2H_4$/Kg/hr。

三、綠竹筍對不同低氧濃度的反應：

以本實驗室之氧調系統裝置，調配不同的低氧濃度，包括1、3、5、10、20% O_2，及普通空氣，通入壓克力製的呼吸缸，缸內置竹筍，呼吸缸之出氣口接自動取樣測定氣體的裝置，二氧化碳以紅外線偵測器(GP Instrumentation IRGA 120)自動測定，換算爲mg CO_2 / Kg/hr。

四、內生乙烯之測定：

將眞空乾燥器(Desiccator) 內裝半量的水，竹筍切成約50cm^3，以附有橡皮塞之特製無底塑膠瓶罩住竹筍塊，以眞空幫浦抽至0.1大氣壓之眞空度，則竹筍之內生氣體排之於罩瓶之頂端部位，待聚積約5ml氣體時，打開眞空乾燥器，以塑膠針筒，小心由氣體部份抽取1ml之氣體，注入氣相層析儀，分析乙烯濃度，以C_2H_2ppm表示之。

五、綠竹筍失重率之測定：

選擇品質優良，形狀較一致的新鮮綠竹筍一批(24支)，分別做PE塑膠袋包裝與不包裝對失重的影響；塑膠袋包裝者是以厚度0.03mm之塑膠袋包裝，3支爲一袋，另取3支不作包裝，分別置於30℃、20℃、5℃及0℃之冷藏庫貯藏(濕度爲RH 65±5%)，各處理先測最初的重量，隨後每隔2天，分別稱重量的變化；失重情形以每次測得的重量與最初重量之比值乘以100，作成失重變化之曲線圖。

爲明瞭綠竹筍在不同貯藏溫度中之品質及生理變化，先選擇品質優良且形狀較整齊的綠竹筍一批，以厚度0.03mm的塑膠袋包裝，每袋30支，分別置於30℃、20℃、5℃及0℃之冷藏庫貯藏，第一天先取3支，測新鮮的品質，隨後每隔2天各處理分別取樣，分析品質，分析項目如下：

六、綠竹筍之物性(截切力)測定：

將綠竹筍基部1.5cm橫切，依筍形態凸凹面關係，將此基部樣品分爲兩部份，並分別以每1cm厚度縱切，每一部份再橫切爲2cm，形成爲2×1.5×1cm的立方塊，以物性測定儀(Fudoh rheometer NPN-202J-CW型)，齒型押棒B垂直向下切1cm之切力，以kg表示之。

七、綠竹筍基部顏色變化之測定：

綠竹筍基部切口，以奇異筆標示出直徑約1cm圈以固定位置，測量貯藏期間顏色變化

，以色差計(Dr.Lang tricolor LFM3 colorimeter)測L、a、b值，L值表示密度，a值表示紅色度(+a，表示紅色度，-a表示綠色度)，b值表示黃色度(+b，表示黃色度，-b表示藍色度)。

八、維他命C之測定：

取新鮮樣品5g(取竹筍生長點以下2～3cm之位置部份)，切細，加入50ml之酸性混合液(6％之metaphosphoric acid含 2N acetic acid)，用ploytron均質後，離心(1000rpm)10 分鐘，取上層澄清液1ml於試管中，加入0.2％DCIP(2,6- dichlorophenolindophenol) 0.5ml，振盪後靜置1小時，加2％Thiourea 1ml混合均勻，再加2％DNPH(dinitrophenol hydrazine) 振盪後，加蓋玻離珠，於恆溫水槽定溫60℃加熱三小時後，用冰水冷卻，再加85％硫酸液2.5ml，混合均勻，以光電比色計 (Shimadzu UV-120-02型) ，測波長540nm之吸光度，以L-ascorbic acid 10～50 mg/ml作標準曲線，樣品定量後換算爲mgl-ascorbic acid/100gFW。

爲分析酒精可溶性糖、澱粉等成分，取樣時，以竹筍生長點以下3～5cm位置之組織，切成碎片，以液態氮固定，再用冷凍乾燥器完全乾燥後，以磨粉機研磨成粉狀，裝於封口袋，保存於乾燥箱備用。

九、酒精可溶性醣之測定：

取乾燥粉末樣品0.02g於試管，加入80％酒精5ml，70℃恆溫水槽加熱30分鐘後，離心，取上層澄清液，殘渣再加入80％酒精，依同樣步驟萃取2次，收集澄清液，殘渣保留供測澱粉；將澄清液用減壓濃縮機除去酒精及水後，加蒸餾水 1ml，將醣溶出並保存，備用。以phenol(Dubois 1956) 測定，以光電比色計測定波長490nm之吸光度(14)，以葡萄糖 10～100ug/ml做標準曲線，樣品定量後換算爲g Glucose/100g DW ，即％DW。

十、澱粉之測定：

將酒精可溶性醣所餘的殘渣部分，以恆溫水槽80℃加熱，除去酒精後，加入40mM HEPES(2-[4-2-Hydroxyethyl]-1-piperaziny-ethansulfonic acid)水溶液4ml(pH6.3～6.4)，用高溫殺菌釜 (autoclave)在120℃ ，15kg/cm^2 壓力下，加熱30分鐘，取出後，冷卻至室溫，加入1 mg/ml的澱粉酶 (α -amylase)水溶液0.5ml，置於恆溫水槽，室溫在37℃，使作用14小時，再以100℃水加熱10分鐘破壞酵素，冷卻後定量爲5ml，此時已將澱粉水解爲葡萄糖，即以phenol method (Dubois, 1956)定量之(14)，定量後換算爲％DW。

十一、粗纖維含量之測定

精稱0.5g粉末，置於分解裝置之燒杯中，加入1.25％硫酸溶液100ml 置於分解裝置之加熱板上，加熱三十分鐘後，用瓷版過濾篩之過濾杯，以減壓抽氣過濾，並用熱的去離子水連續沖洗至不再呈酸性反應爲止。用1.25％之氫氧化鈉溶液 100ml，將濾杯中之殘渣逐步完全洗下來，置於燒杯中，加熱三十分鐘後，用95％酒精20ml洗滌殘渣，將濾杯及殘渣一起放入烘箱 130℃ 兩小時，取出於真空乾燥器內，冷卻後稱重(W1) ，再移至灰化爐，用

500℃加熱兩小時灰化後，取之於眞空乾燥器內，冷卻後稱重（W2）。計算粗纖維含量＝（W1－W2）／樣品重(g)×100％，以％DW表示之。

十二、氣調貯藏試驗方法：

1.在20℃決定可忍受的最低氧氣濃度及最高二氧化碳濃度，以flow through方法，將綠竹筍分別處理下列各種氣體組合：1％O_2；3％O_2；3％O_2＋5％CO_2；3％O_2＋20％CO_2；air＋20％CO2；及Air。

2.在20℃處理下列各種氣體組合：

3％O_2＋5％CO_2；6％O_2＋5％CO_2；10％O_2＋5％CO_2；
3％O_2＋10％CO_2；6％O_2＋10％CO_2；10％O_2＋10％CO_2；
3％O_2＋20％CO_2；6％O_2＋20％CO_2；10％O_2＋20％CO_2；

3.在0℃，5℃及10℃分別進行下列氣調貯藏：

Air；3％O_2＋5％CO_2；3％O_2＋10％CO_2；3％O_2＋20％CO_2；

以上各項氣調貯藏後，測定貯藏後的品質，可溶性糖、澱粉、維他命C及官能品評。酒精可溶性糖、澱粉及維他命C之測定，如前述方法。

4.官能品評係以在10cm長之直線上，左端表示極佳，計分爲10分，右端表示極劣，計分爲0分，每次請10位品評者，進行貯藏後各項樣品之品嚐，分別就竹筍之外觀顏色、甜味、風味、纖維化程度及整體接受性評分，計算方式是由評分點量至右端零點間之距離作爲計分方法，然後參考Stone等人(1974)的統計分析方法作分析[22,28]，一般評分結果在3分以下者，表示品質差；在3分至5分間者，表示品質尙可接受；在5分至7分間者，表示品質仍好；在7分至10分者，表示品質非常好。

結果與討論

一、綠竹筍採收後呼吸速率之變化

綠竹筍採收後在常溫中(20℃及30℃)貯放，其呼吸速率初期甚高，隨時間之增長而迅速下降，如圖1.所示，在採收後10小時所測之呼吸速率數值，在30℃時，爲457mg CO_2/Kg/hr，在20℃時爲247mg CO_2/Kg/hr，而在5℃及0℃中爲31mg CO_2/Kg/hr，此與同樣屬於嫩莖作物的蘆筍之採收後的呼吸速率甚爲相近，其在25～27℃時爲500～600mg CO_2/Kg/hr，20℃爲225～500mg CO_2/Kg/hr，而在0℃爲27～80 mg/ CO_2/Kg/hr；根據報告(Hardenburg et al., 1968)[18]，高的呼吸速率產生高量的CO與熱量，產生1mg CO_2相當2.55卡的熱量，所以在30℃時，其將產生1165.35cal/Kg/hr之熱量，因此在高溫時，呼吸速率高，不但使整個包裝容器之環境內產生高熱量，使綠竹筍加速生理生化的變化，且消耗掉綠竹筍原先所貯存的營養分，使得品質急速下降；爲避免此等現象的發生，綠竹筍採收後能迅速預冷，降溫，將可急驟降低呼吸速率及一切生理活動、生化反應，對品質的保存是相當有幫助的。

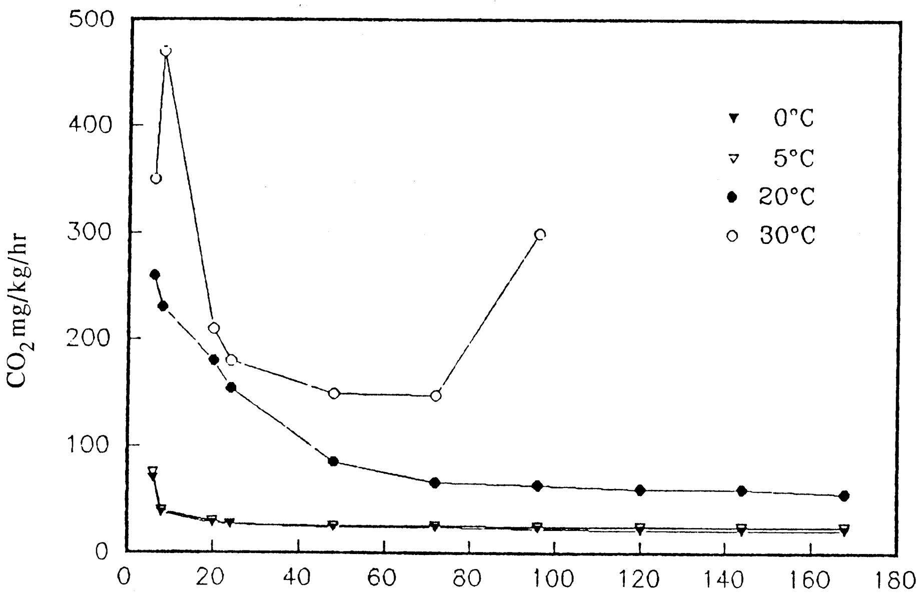

圖1. 不同貯藏溫度對綠竹筍呼吸速率之影響

Fig.1. Effect of different storage temperature on the respiration rate of bamboo shoot.

二、綠竹筍採收後乙烯生成量之變化

由圖2.綠竹筍採收後在常溫中(20℃及30℃)貯放，約18小時，乙烯產生量達最高，約爲2.7～3.0 μ l Kg/hr，其後逐呈下降趨勢，而在5℃及0℃時，乙烯產生量均在0.5 μ l Kg/hr以下，此種作物之乙烯生成量在蔬菜中算是相當高，與抱子甘藍(Brussel sprouts)及青花菜(Broccoli)等嫩芽菜及花菜類之乙烯生成量相近，這些蔬菜在高乙烯生成下，極易黃化，老化，綠竹筍採收後亦極易老化及纖維化，根據Harrad等(1974)[16]將蘆筍處理1ppm乙烯，會促進過氧化酶形成纖維化，其他蘆筍老化的問題，亦有專家指出與乙烯有關的報告[2,3,4,5,10,11]因此乙烯與綠竹筍纖維化的關係將列入我們的研究範圍。

三、綠竹筍對不同低氧濃度的反應

本試驗在不同濃度的低氧環境下，包括0％、1％、3％、5％、10％及20％的氧氣濃度，綠竹筍顯現不同的二氧化碳產生速率，如圖3.所示，在10℃及20℃均呈現3％O_2 爲其有氧呼吸消失點(extinction point)，即其爲綠竹筍可忍受的低氧濃度，低於3％O_2 時，就會有進行無氧呼吸的障礙，在較高濃度的氧氣環境下亦會有較高的呼吸速率，因此在氣調貯藏調配氣體組合時氧氣濃度不可低於3％；據Isenberg(1979)報告[21]，大氣中的氧氣濃度降低到某一程度時，蔬果的無氧呼吸就會開始，此即爲有氧呼吸的消失點，甘藷之有氧呼吸消失點爲2％O_2，在無氧呼吸時，會產生乳酸的累積[1]。

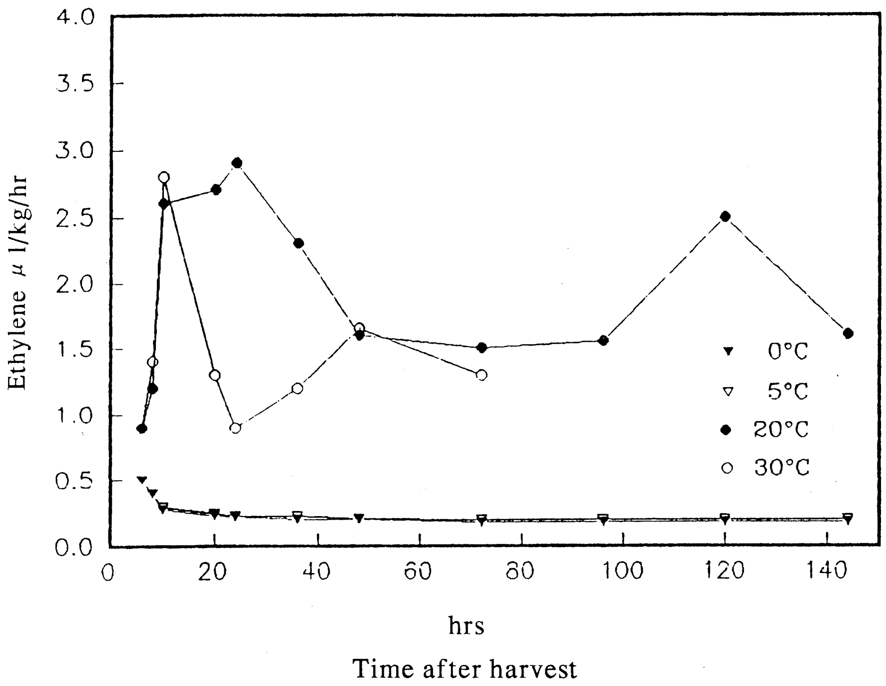

圖2. 不同貯藏溫度對綠竹筍乙烯釋放量之影響

Fig.2. Effect of different storage temperature on ethylene evolution of bamboo shoot.

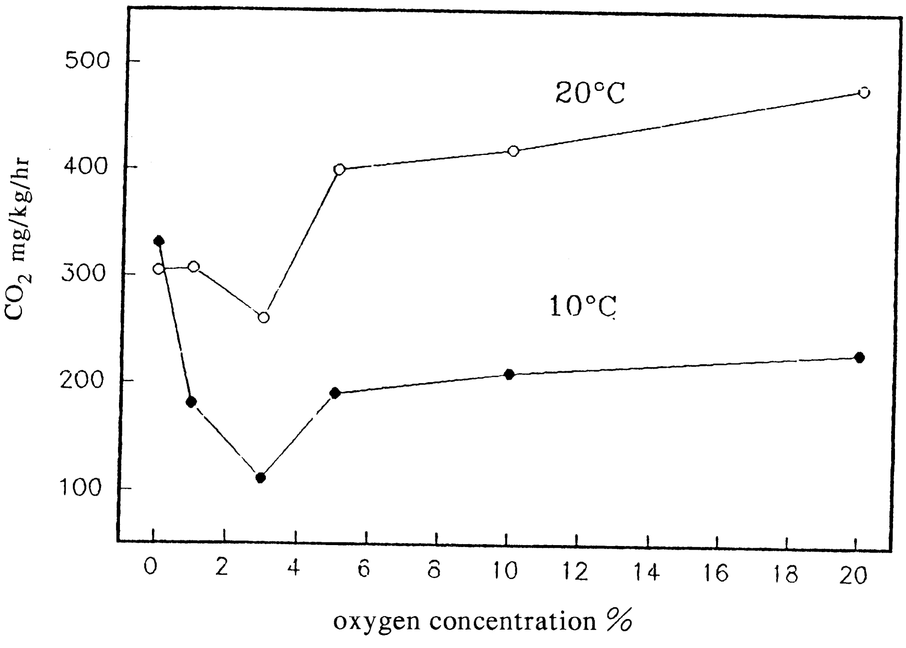

圖3. 不同低氧濃度對綠竹筍呼吸速率之影響

Fig.3. Effect of different low oxygen on the respiration rate of bamboo shoot.

四、綠竹筍之內生乙烯

綠竹筍之內生乙烯約爲 2.8ppm ± 0.14ppm，其爲細胞間隙所測得之乙烯濃度；細胞間隙之乙烯經過多層細胞而釋放出，是一般測得的乙烯釋放出，是一般測得的乙烯釋放量；此內生乙烯可稱得上是相當高，比起檸檬之內生乙烯約爲0.1～0.2ppm，萊母約爲0.3～2.0 ppm ，柑桔類約爲0.1～0.3 ppm，鳳梨約爲0.2～0.4ppm[18,31]，綠竹筍之內生乙烯比上述水果高出許多，亦可能就是因爲它有如此高之內生乙烯，而具有促進老化及纖維化的特性[10,11,13]，這將攝入我們進一步研究範圍。

五、綠竹筍採收後包裝與否對失重率之影響

綠竹筍採收後以塑膠袋包裝及不包裝，各放在不同溫度貯藏，比較貯藏期間其失重率之差異，如圖4.所示，很明顯的看出，塑膠袋包裝與否對失水的影響差異甚顯著，同時在不同的溫度亦顯現失重情形各異；在30℃貯藏，沒有用塑膠袋包裝者，四天內失重高達11%，筍籜有縐縮現象；而有用塑膠袋包裝者，失水很少，四天內僅失重 0.3%，在20℃貯藏者，其失重情形亦如30℃貯藏者，沒有包裝者，五天內失重達13.5%，而有包裝者失重僅 0.7 %；至於貯藏於5℃及0℃者，沒包裝者失重情形較爲緩慢，但貯藏十二天後，失重率仍高達17%及11%。而有塑膠袋包裝者，失重始終很少，貯藏了十二天其失重率僅 0.5%而已。因此綠竹筍採收後，除了應急速降溫外，更應以塑膠袋包裝，減少失水，否則失水愈多，筍基部愈乾則愈容易纖維化[2,8]。

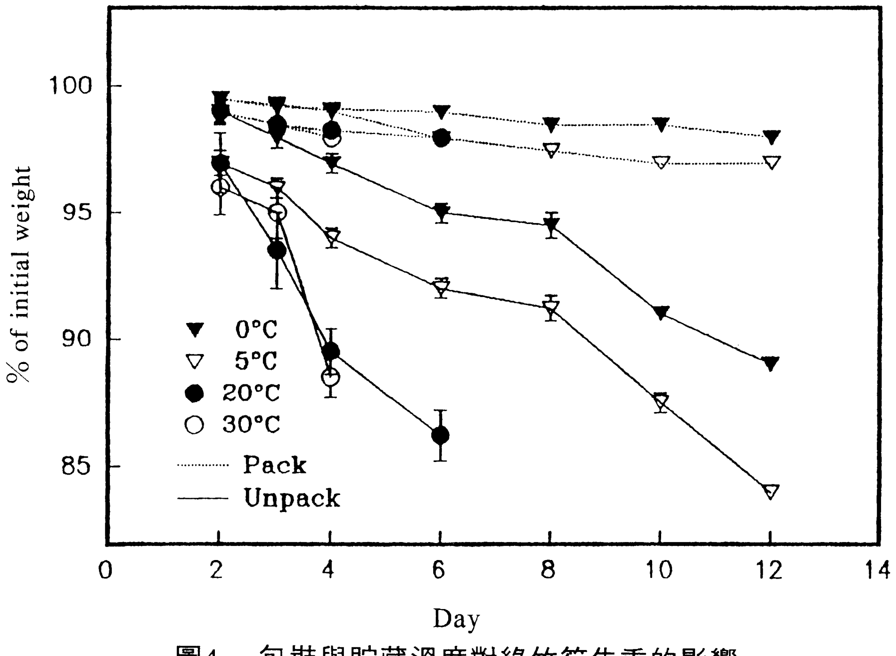

圖4. 包裝與貯藏溫度對綠竹筍失重的影響

Fig.4. Effect of packing and storage temperature on weight loss of bamboo shoot.

六、綠竹筍之物性變化

綠竹筍的纖維化測定，若以化學方法，需用强酸、强鹼處理後，乾燥及灰化測得粗纖維，本是研究纖維化的方法之一，此法手續較繁複；然以物理方法，測其截切力，亦是極佳的方法；依本實驗綠竹筍的粗纖維含量與物性測定截切力之間有很高的相關關係，$r^2 = 0.79$如圖5.。所以用物性測定儀來度量其纖維化的程度，也是相當具代表性的，此方法既迅速又方便；經本試驗結果，如圖6.綠竹筍依凸面與凹面，及由底部至頂端等不同部位，其物性截切力有差異；凸面之截切力比凹面者高約33%，底部位置之截切力比頂端位置者高約 4. 3倍；在不同貯藏時期，亦可明顯的看出其截切力的變化與差異；所以我們在取樣操作時，應該訂出一定的位置，才能得到較具有代表性的變化規則。

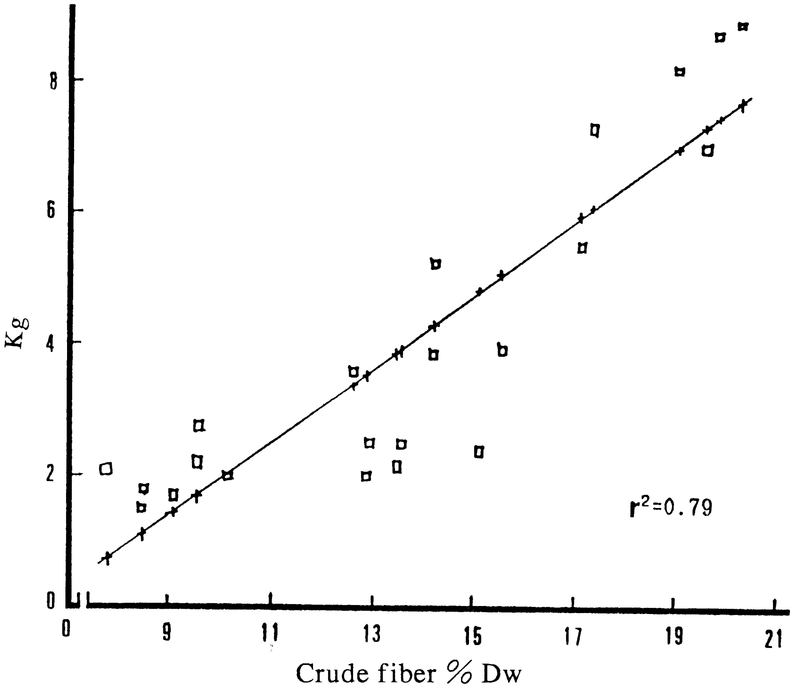

圖5.　綠竹筍粗纖維含量與Rheometer測定值之相關關係

Fig.5.　The relationship of crude fiber content and cut force for bamboo shoot.

為明瞭綠竹筍快速纖維化的反應，我們決定取樣部位，每次以取凸面之基部位置，厚度1.5cm為取樣基準，再切成長度2.0cm，寬度1.0cm之立方塊，進行截切力測定。由圖7. 在不同的貯藏溫度，可以明顯看出其纖維化的變化趨勢，在30℃時，四天內截切力由1.63kg增為 7.4kg，至第六天甚至增為11.6～12kg，在20℃時變化較為緩慢，在第四天截切力約為3.5kg，第十天則增為 7.2kg，第十四天約為8.0kg，而5℃及0℃者變化更為緩慢，第四天時分別為2.5kg及1.8kg，至第十天分別為4.4kg及2.5kg，至第二十天分別增為5.2kg及2.8kg，足見不同貯藏溫度對於老化硬化的速率影響極大，低溫可以減緩老化及硬化的效果；訂定適當的取樣方法，以截切力測定儀將可測出老化程度具有代表性的數值。

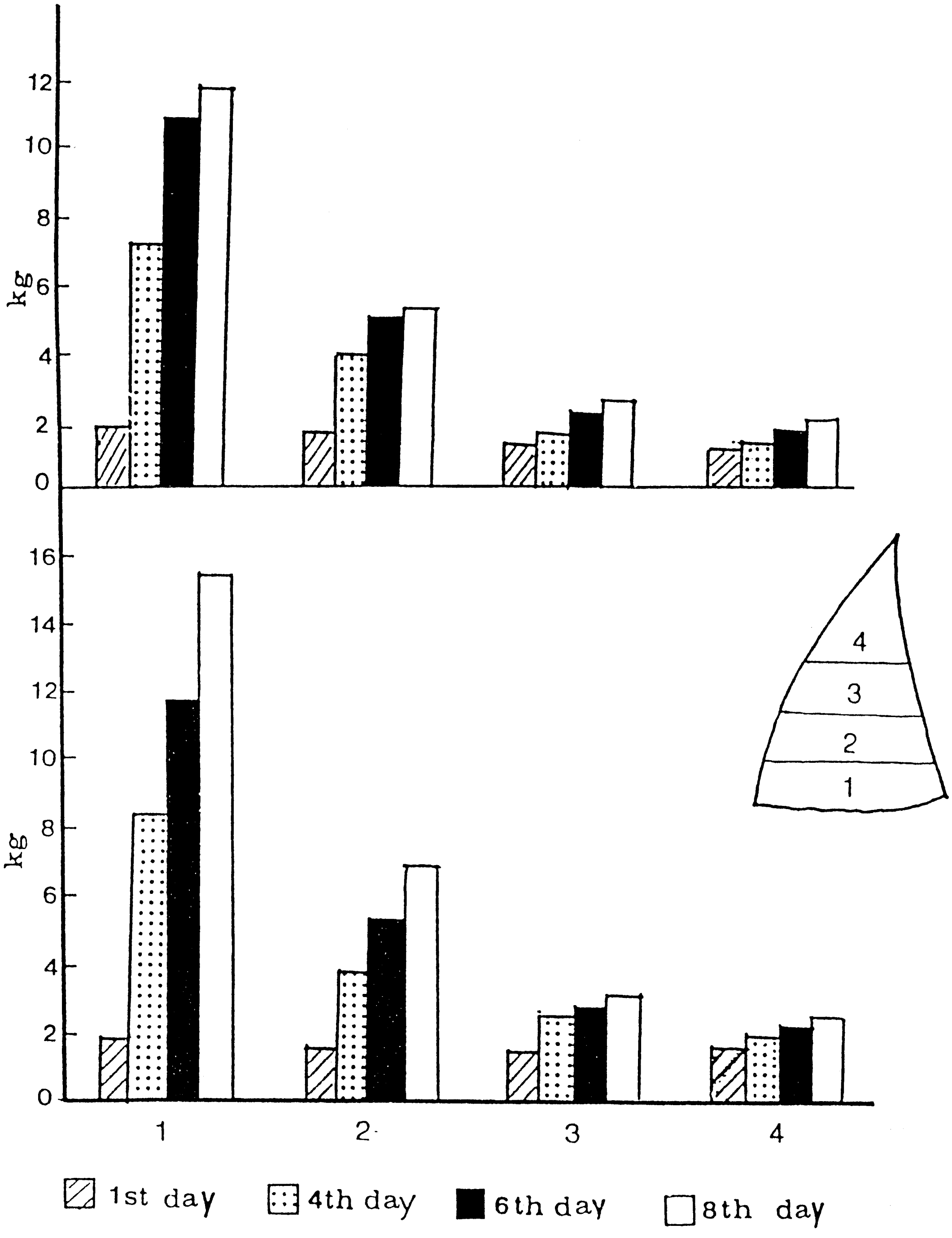

圖6. 不同位置的綠竹筍其貯藏期間截切力之差異

Fig.6. Difference of cut force between different section of bamboo shoot in storage period.

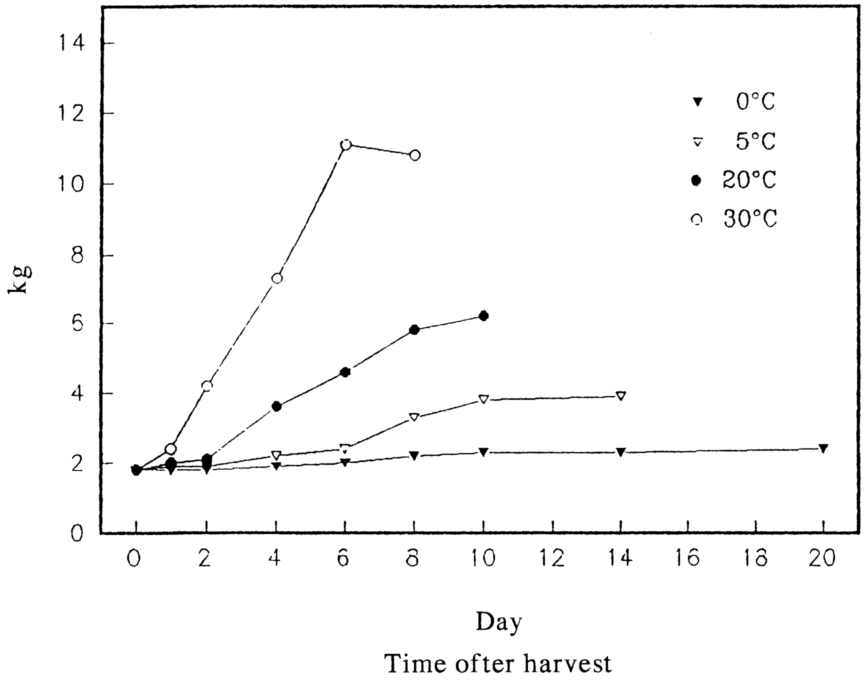

圖7.　不同貯藏溫度對綠竹筍截切力之影響

Fig.7.　Effect of different temperature on the cut force of bamboo shoot.

七、綠竹筍基部顏色之變化

綠竹筍採收後基部顏色的變化亦是受貯藏溫度影響極大，在20℃～30℃ 褐化最快，5℃及0℃之低溫貯藏則褐化較為緩慢，由色差計的讀值，便可以明顯的由數值的變化看出其差異性，由圖8.，L值亮度變化其情形來看，本來新鮮的綠竹筍是潔白鮮明亮麗，亮度高達8 5%，經不同溫度貯藏，在30℃之高溫，一天內，L值降為73%，四天後降為62%；在20℃貯藏者，下降速率較為緩慢，經八天的貯藏降為72%，十一天後降為 70%；而在5℃及0℃貯藏者，保鮮效果很好，褐化程度極低，經十一天後亮度仍持有81%～83%，即其亮度僅降了 3 %及1%。a值表示紅色度，b值表示黃色度，a值與b值的增加，表示褐色度的增加，圖9.為a 值的變化，顯示30℃的 a值增加速率最快，四天內由 +0.1增至為4.2，其次為 20℃者，至於 5℃及0℃者，a值增加得很少，僅由 -0.2增加為 +0.5及+1.2。圖10為b值的變化，顯示30℃的b值增加速率最快，由+1.2，經四天後增為+20.2，20℃者由10.7經四天後增為18.5，十天後增為+21，至於5℃及0℃者增加均很少，由+10.7經十天後分別增為+13及+12而已，此結果與陳(1983)[7]所測綠竹筍採後在高溫(30℃)及低溫(5℃)貯存期間的筍肉顏色變化之趨勢頗相近，綠竹筍採收後老化情形，顏色的褐化亦是一重要的指標，但目前市面上所售之綠竹筍，商人常加亞硫酸氫鈉防止其褐化，雖不見老化但品質影響仍很大，且影響健康，對消費者判斷竹筍品質有干擾，實不宜使用此藥劑。

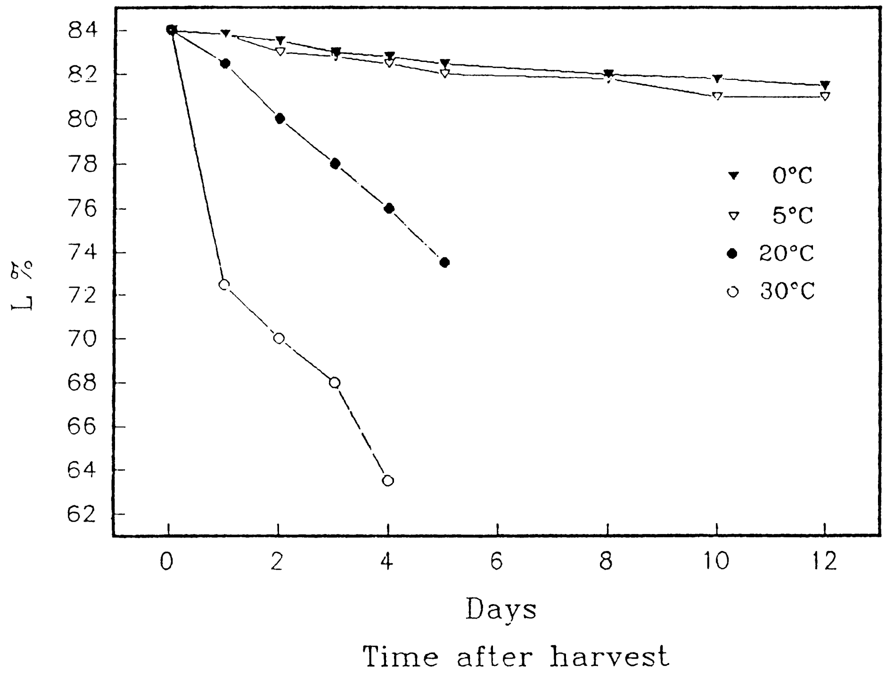

圖8. 不同貯藏溫度對綠竹筍L值(亮度)之影響

Fig.8. Effect of different temperature on the L value (brightness) of bamboo shoot.

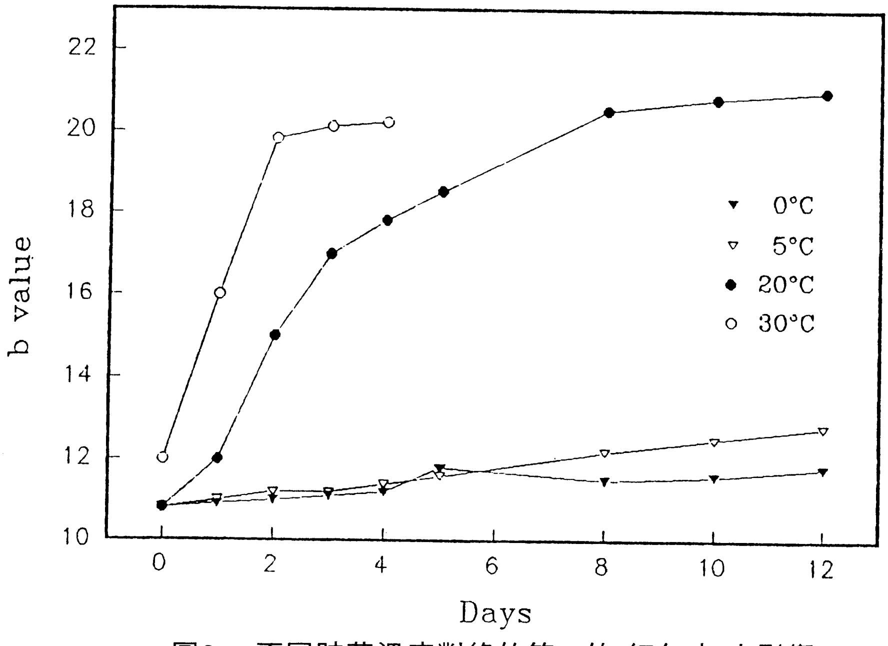

圖9. 不同貯藏溫度對綠竹筍a值(紅色度)之影響

Fig.9. Effect of different temperature on the a value (redness) of bamboo shoot.

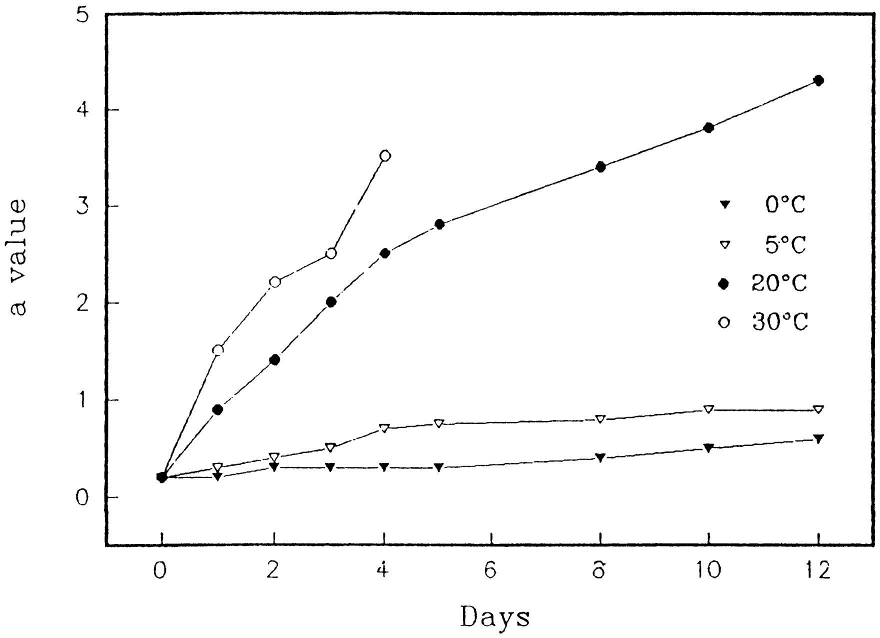

圖10. 不同貯藏溫度對綠竹筍對b值(黃色度)之影響
Fig.10. Effect of different temperature on the b value (yellowness) of bamboo shoot.

八、綠竹筍採收後維他命C之變化

本試驗維化命C的含量是採用光電比色法(Colorimetric method)定量，敏感度較高且穩定性亦高，比用2,6-Dye滴定法敏感且可測得較微量的維他命C含量，在分析蔬菜中維他命C含量時，使用此法可能較爲正確。綠竹筍採收後維他命C含量之變化情形，如圖11所示，在30℃及20℃時，維他命C含量下降迅速，三天內只剩原來含量的五分之一量，而5℃及0℃貯藏者，下降速率較緩和，然而三天內亦下降爲原來的50%；綠竹筍中維他命C的變化迅速，實亦可作爲品質下降的指標之一。

九、酒精可溶性醣之變化

本試驗中所採用之酒精可溶性之定量法，係以phenol method (Dubois 1956)，此法敏感度高且呈色穩定；爲每次取樣分析能取得具代性之變化，先確定取樣部位。本試驗先將三支筍之凹，凸面分出，再各分爲由下而上，四個部位，測各部位酒精可溶性醣之差異，如圖12所示，結果顯示，凸面之含糖量均高於凹面者，而基部者亦高於頂端部位者，故決定以後取樣部位定爲生長點以下3～4cm的中間部位爲主，至於不同溫度貯藏期間之變化，如圖13所示，在30℃貯藏，四天內，酒精可溶性醣即由35%(以乾物重爲基準)降爲15%，在20℃貯藏者亦降爲19%，而在5℃及0℃貯藏十天後，分別降爲22%及27%，降幅較小，此趨勢與陳等(1983)[7]所作竹筍貯藏於室溫中總醣及還原醣分解速率比貯藏於5℃者快之結果

相似；可見綠竹筍在高溫時，生理代謝旺盛，醣的消耗快，不但供作呼吸作用，且供纖維化所均需之碳源，故綠竹筍在高溫時醣的降低速率特別快，風味亦下降，且影響品質甚鉅，只有低溫貯藏較能保持品質，醣份下降緩慢，纖維化也慢，較可保存品質。

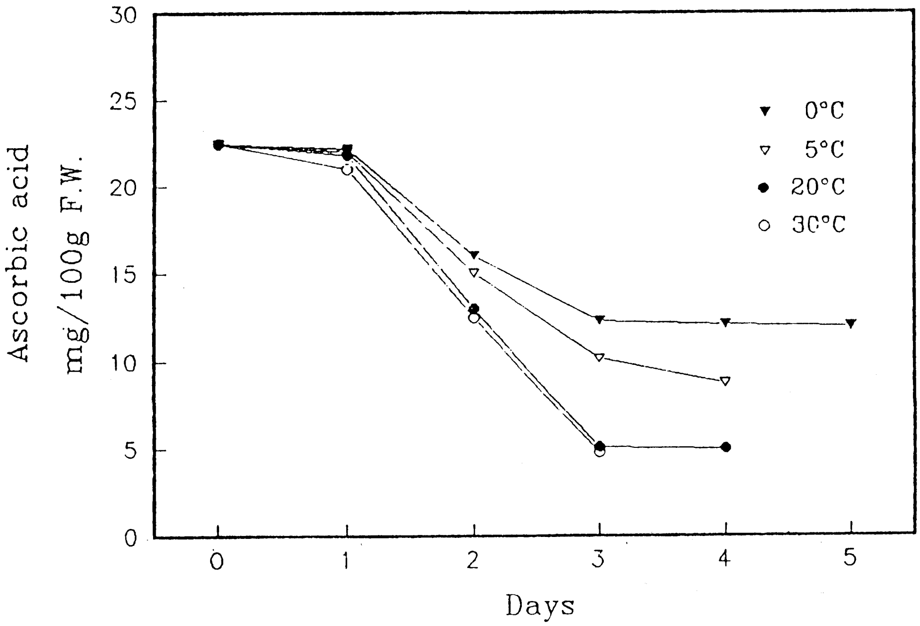

圖11. 不同貯藏溫度對綠竹筍維他命C之影響

Fig.11. Effect of different temperature on ascorbic acid content of bamboo shoot.

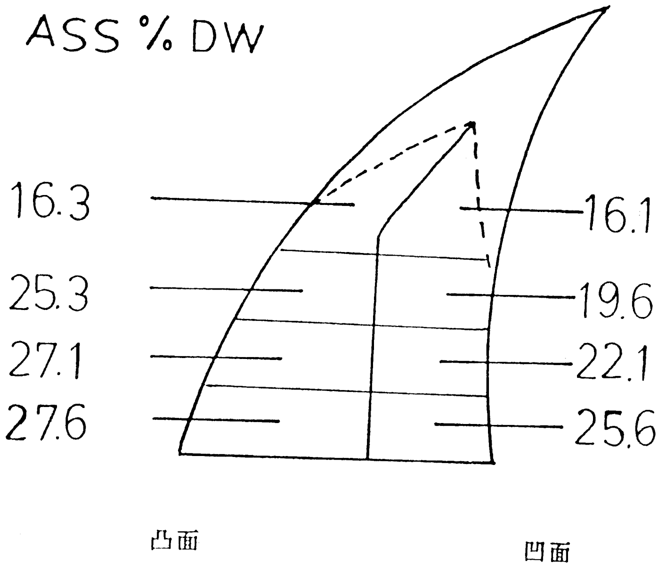

圖12. 綠竹筍不同部位糖含量之差異

Fig.12. Difference of alcohol soluble sugar between different section of bamboo shoot.

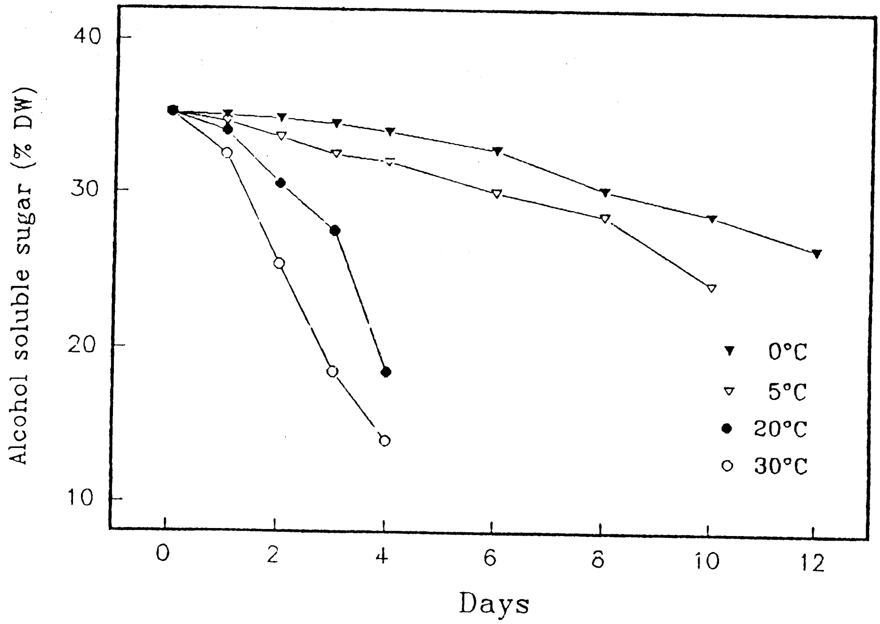

圖13. 不同貯藏溫度對綠竹筍酒精可溶性醣之影響

Fig.13. Effect of different temperature on the alcohol soluble sugar of bamboo shoot.

十、澱粉含量之變化

蔬果在貯藏過程中，碳水化合物是會逐漸減少的，這些碳水化合物有的是以作爲代謝的能源，有的轉變爲其他醣類，不同的作物常有不同的反應，例如馬鈴薯貯藏於20℃，澱粉很快分解爲蔗糖，蔗糖還會再繼續分解爲單糖；甜玉米貯藏於20℃，經一天後，蔗糖即降低 26%；由圖 14本試驗中綠竹筍採收後在高溫環境下，澱粉含量下降速率亦較快，在30℃時，四天內由5.2%(乾重爲基準)降爲2.8%，在20℃時，降爲3.5%，而5℃及0℃貯藏者，經十二天後分別僅降爲4.2%及4.8%；綠竹筍的澱粉含量的降低很可能亦是轉變爲蔗糖及葡萄糖、果糖等還原糖，一部份代謝分解掉，一部份還原糖則由筍基部往筍尖端輸送；在後續的還原糖分析結果即可以看出其分布情形，推測其變化之關係。

十一、粗纖維含量之變化

綠竹筍採收後纖維化及老化問題是件重要的生理現象，而且其各部位纖維化程度亦頗有差異，如圖15所示，以筍之基部位置粗纖維含量最高[13,15,17,20]，愈往頂端生長點的位置粗纖維含量則漸次降低，也就是筍基部最硬，木質素含量最高，此在物性截切力測定時已述及此現象，據陳(1983)[7] 分析竹筍之粗纖維含量也是基部比筍尖含量高，並且與木質化有關的酵素，如過氧化酶 (peroxidase，POD)、苯丙氨裂解酶 (phenylanlanine ammonia lyase，PAL)及多元酚氧化酶(phenoloxidaase，PPO)等酵素活性亦是基部者高於筍尖端。在不同貯存期間，粗纖維含量之變化，如圖16，在30℃貯藏者，增加最快，四天內，粗纖

維含量由9.8％增為18.8％，其次是在20℃貯藏，十天內增加為17％，在5℃及0℃ 貯藏者，粗纖維增加較為緩慢，第二十天時增加為11.8％及10.2％。陳等(1987)[8] 報告提出，採收後的綠竹筍若以濕紙巾包裹基部，或以PE袋包裝，維持較高濕度，可以減少粗纖維的生成；所以要維持綠竹筍的幼嫩品質，採收後盡速預冷，以PE塑膠袋包裝後，貯藏於 5℃之低溫，應該是減少纖維化及保鮮很好的方法[2,8]。

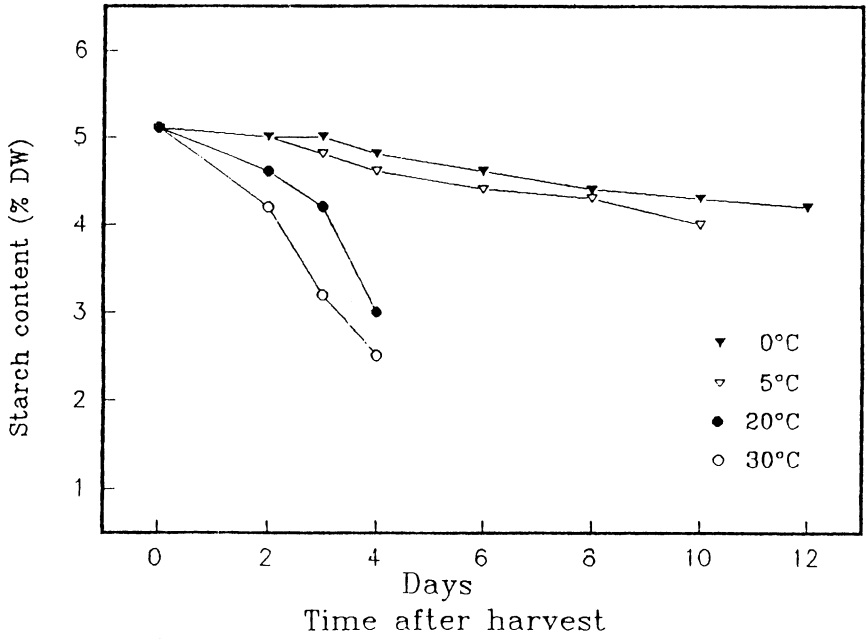

圖14. 不同貯藏溫度對綠竹筍澱粉含量之影響

Fig.14. Effect of different temperature on the starch content of bamboo shoot.

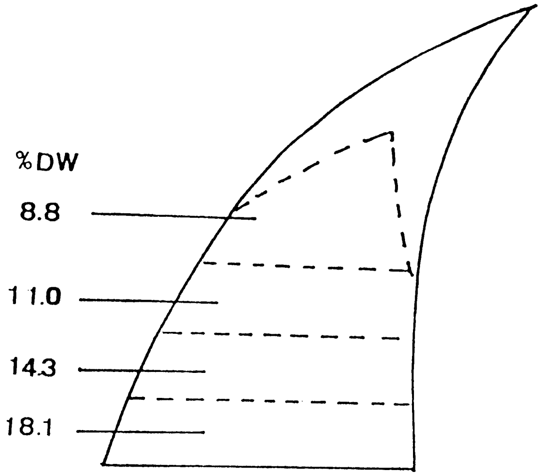

圖15. 綠竹筍不同部位粗纖維含量之差異

Fig.15. Difference of crude fiber content between different section of bamboo shoot.

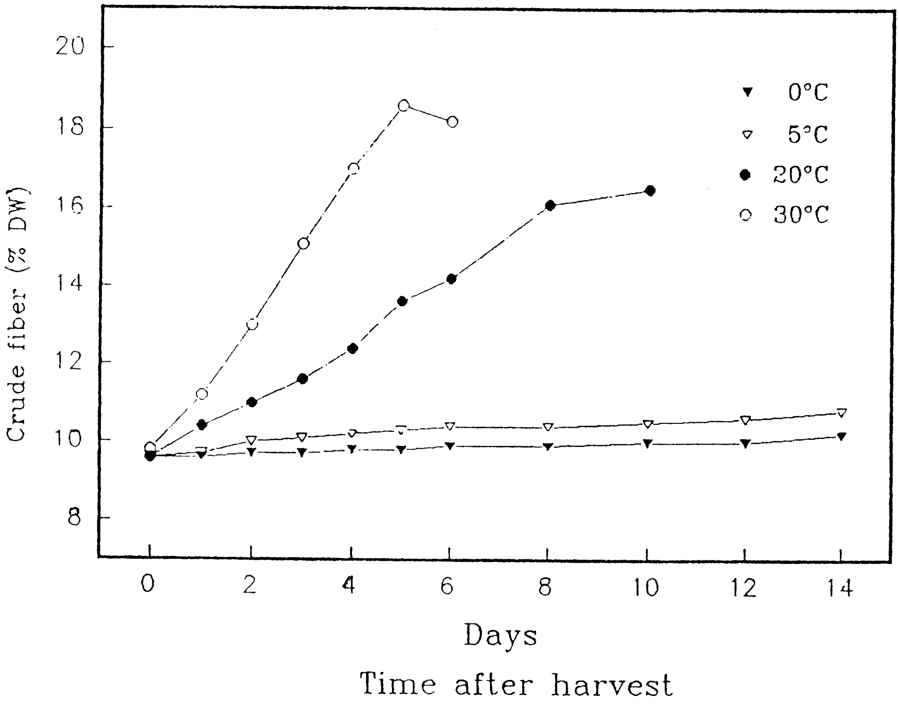

圖16. 不同貯藏溫度對綠竹筍粗纖維含量之影響

Fig.16. Effect of different temperature on the content of crude fiber of bamboo shoot.

十二、不同氣體組合對綠竹筍品質之影響

在20℃恆溫室中以不同氣體組合並採用連續通氣方式進行綠竹筍氣調貯藏，經七天後調查結果顯示，在1%O_2 環境下之綠竹筍，外觀顏色僅少量黃化，但筍的味道已劣變，有異味產生，顯然是遭遇低氧障礙所致，由於無氧呼吸導致代謝過程產生酒精、甲醛等物質而產生異味[1,21,31]；在3%O_2環境下之綠竹筍，外觀顏色有輕微之黃化現象，內部品質也仍很好，沒有異味產生，依此結果及前述不同低氧濃度對綠竹筍呼吸速率之影響一致顯示3%O_2是綠竹筍在20℃時，可忍受的最低濃度。在3%O_2 +5%CO_2及3%O_2 +20%CO_2 等環境下之綠竹筍均顯示外觀顏色褐化少，內部品質均比一般空氣環境下者好[29,30,31]，如表1.；空氣+20%CO_2環境下之綠竹筍，雖然褐化程度少，也沒有產生異味，但是切開筍時，生長點部位呈水浸狀，可能是高氧與高二氧化碳之傷害，因此在調配氣體組合時，CO_2濃度不宜高於20%。不同氣體組合對綠竹筍內部品質之影響，在上述處理之結果如表1.，顯示低氧與高二氧化碳有抑制糖分解之效果，但氧氣濃度過低時，可溶性糖之分解亦加速；用Rheometer 測量其截切力時，顯示低氧與高二氧化碳可降低組織硬化及纖維化。根據Siriphanich(1985) 等報告，低氧或高二氧化碳對於纖維化過程的幾個酵素有作用[17]。可能綠竹筍的降低纖維化亦與其有關，值得進一步研究。

表1. 氣調貯藏在20℃，7天，對綠竹筍品質之影響

Table 1. Effect of CA storage on the quality of bamboo shoot stored at 20℃ for 7 days

Treatment O_2%	CO_2%	ASS %DW	Starch %DW	cut force Kg	flavor
1	-	8.6	10.1	1.9	異 味
3	-	12.6	9.0	2.0	無異味
3	5	14.2	6.8	1.7	味 佳
3	20	19.2	7.5	1.8	味 佳
air (16)	20	7.1	7.6	2.0	異 味
air (21)	0.03	15.1	2.1	6.0	無異味
Initial		23.6	10.8	1.6	味 佳

十三、不同氣調貯藏對竹筍品質之影響

由前述試驗得知，綠竹筍在20℃時可忍受氧氣之最低濃度為3%，二氧化碳之最高濃度為20%，本試驗遂組合以氧氣濃度3，6，10%及CO_2 5，10，20%等，在20℃恆溫室貯藏10天，取出測其品質，如表2.顯示，3%O_2 +5%CO_2，3%O_2 +20%CO_2，及3%CO_2，6%O_2 +20%CO_2 對糖及維他命C的保存效果較好，又由物性測定儀切力測定值及粗纖維含量測定之結果顯示，低氧組合高二氧化碳對防止綠竹筍組織硬化及纖維化之效果較好，高氧組合高二氧化碳之效果則較差，又由官能品評之結果如表3.顯示，3%O_2比6%O_2及10%O_2對甜味、風味保存好而纖維化少，至於CO_2濃度的影響則差異不顯著，各個組合中以3%O_2 +10%CO_2 與3%O_2 +5%CO_2之結果最好，而前者略優於後者，可作為今後調配氣體組合之參考。

表2. 氣調貯藏在20℃，10天，對綠竹筍品質之影響

Table 2. Effect of CA storage on the quality of bamboo shoot stored at 20℃ for 7 days

Treatment O_2 %	CO_2 %	ASS % DW	Starch % DW	Ascorbic Adid mg/100g FW	Cut force Kg	Crude Fiber % DW
3	5	31.7	1.6	7.6	3.5	14.91
6	5	26.4	0.7	7.4	3.8	17.47
10	5	16.3	4.1	7.2	6.2	21.93
3	10	24.4	3.8	7.1	4.6	15.12
6	10	14.7	2.1	10.3	5.0	15.96
10	10	10.3	3.0	6.0	7.6	16.86
3	20	23.5	1.6	11.7	2.4	11.32
6	20	24.0	2.5	5.2	3.2	15.07
10	20	12.2	1.7	5.4	4.4	18.63
Initial		33.1	4.4	23.1	2.2	10.82

表3. 氣調貯藏在20℃，10天，官能品評

Table 3. Sensory evaluation of CA storage for bamboo shoot stored at 20℃ for 10 days

處理 O_2%	CO_2%	甜味	纖維化	風味	整體接受性
3	5	7.1a	6.8abc	6.1ab	6.7a
3	10	7.0a	7.6a	6.9a	6.8a
3	20	6.0ab	7.2ab	6.3ab	6.2ab
6	5	5.6abc	6.0bc	4.5bc	4.8bc
6	10	7.0a	7.3ab	6.3ab	6.5ab
6	20	6.1ab	7.1ab	5.3abc	5.6abc
10	5	4.5bc	5.4c	4.7bc	4.6bc
10	10	4.0c	5.9bc	4.9c	3.8c
10	20	5.8abc	6.0bc	5.5abc	5.1abc
air (21)	(0.03)	6.2ab	5.8bc	5.8ab	6.3abc
3		6.7a	7.2a	6.4a	6.6a
6		6.2a	6.8b	5.4b	5.6a
10		4.7b	5.8b	4.6b	4.5b
	5	6.0a	6.1ab	5.1a	5.4a
	10	5.9a	6.9a	5.7a	5.7a
	20	5.7a	6.8b	5.7a	5.7a

十四、不同氣調貯藏在不同溫度之效應

由前述不同氣體組合結果以3%O_2+5%CO_2，3%O_2+10%CO_2及3%O_2+20%CO_2之效果較好，遂以此三種組合在10℃，5℃及0℃試驗溫度的效應，在貯藏10天時調查各溫度之結果品質均仍舊很好，差異不顯著，至第20天時調查，由外觀、質地味道及內部品質等方面評價即顯出有差異，如表4.顯示10℃者，外觀顏色已現褐化且有斑點等缺點，空氣者已高度纖維化，且已無香味，生長點顏色亦有缺點，而低氧組合高CO_2者，品質比空氣者稍微好，但亦證實其在10℃不適貯藏20天，亦只能在12～14天為宜；而貯藏在5℃及0℃者，除空氣處理者外，其餘品質均仍很好，唯0℃者微呈現寒害；至第30天時，繼續調查5℃及0℃ 者，結果如表5.顯示，顏色方面，0℃者表現很好，極少褐化，纖維化程度亦低，但稍有異味，經官能品評結果，亦顯現5℃之各項結果評價比0℃者為高，而由表6.及表7.之品質成分變化情形來看，雖然0℃貯藏者對糖分，維他命C保存較好，且纖維含量略低，然而由表8.品評結果0℃ 者風味的喪失而降低其評價。所以成功之氣調貯藏，除了組織成分的減緩變化，風味的保存亦是重要因子。

表4. 綠竹筍氣調貯藏20天，品質調查

Table 4. Investigation of quality of bamboo shoot under CA storage for 20 days

O_2	CO_2	外觀		質地	味道		內部品質		貯藏
%	%	顏色	缺點	纖維化程度	香味	異味	生長點(顏色)	味道	溫度
3	5	+	+	++	+	-	-	+	
3	10	+	++	+	+	-	+	+	10℃
3	20	++	+++	+++	-	+	+	+	
air		--	+++	+++	-	++	--	--	
3	5	+++	+	-	+	+	++	+	
3	10	+++	-	-	++	-	++	+	5℃
3	20	+++	-	-	++	-	++	+	
air		++	+++	++	-	++	+	+	
3	5	++	-	-	+	-	++	-	
3	10	+++	-	-	-	+	++	--	0℃
3	20	+++	-	-	+	-	++	---	
air		++	-	-	+	-	+++	+	

"+"表示"好或有"，"+++"表示"非常好"或"有許多"。

"-"表示"不好或沒有"，"---"表示"非常不好"或"極少有"。

表5. 綠竹筍氣調貯藏30天，品質調查

Table 5. Investigation of quality of bamboo shoot under CA storage for 30 days

O_2 %	CO_2 %	外觀 顏色	外觀 缺點	質地 纖維化程度	味道 香味	味道 異味	內部品質 生長點(顏色)	內部品質 味道	貯藏溫度
3	5	+	+	+	-	++	+	+	5℃
3	10	++	+	-	+	++	+	+	
3	20	+++	-	-	-	+	+	-	
air		-	+++	++	-	+++	+	-	
3	5	++	-	-	+	-	+	--	8℃
3	10	+++	-	-	+	-	+	-	
3	20	+++	-	-	-	+	+	-	
air		+	-	-	-	++	+	--	

"+"表示"好或有"，"+++"表示"非常好"或"有許多"。

"-"表示"不好或沒有"，"---"表示"非常不好"或"極少有"。

表6. 氣調貯藏在5℃，30天對綠竹筍品質之影響

Table 6. Effect of CA storage on the quality of bamboo shoot stored at 5℃ for 30 days

Treatment O_2 %	CO_2 %	ASS %DW	Starch %DW	Ascorbic Acid mh/100g FW	Crude Fiber %DW
3	5	20.3	7.4	8.6	9.9
3	10	20.8	6.7	8.8	11.6
3	20	25.6	6.0	12.7	10.2
air (21)		10.8	5.6	8.0	11.6

表7. 氣調貯藏在0℃，30天對綠竹筍品質之影響

Table 7. Effect of CA storage on the quality of bamboo shoot stored at 0℃ for 30 days

Treatment O_2 %	CO_2 %	ASS %DW	Starch %DW	Ascorbic Acid mh/100g FW	Crude Fiber %DW
3	5	27.6	13.3	17.4	8.6
3	10	29.3	12.9	20.2	9.1
3	20	22.3	16.4	22.4	8.0
air (21)		20.5	11.9	10.5	8.5

表8. 綠竹筍以氣調貯藏在5℃、0℃，30天後之官能品評

Table 8. Sensory evaluation of CA storage for bamboo shoot stored at 5℃, 0℃ for 30 days

	處	理	甜味	纖維化	風味	整體接受性
	O_2 %	CO_2 %				
	3	5	5.1ab	5.8 bc	4.1 bc	4.3 b
5℃	3	10	6.1a	6.8ab	5.1ab	5.9a
	3	20	5.8a	7.2a	5.6a	5.9a
	air		4.3 b	4.9 c	3.8 bcd	3.9 bc
	3	5	3.1 c	5.0 c	2.9 cde	3.3 bcd
10℃	3	10	2.9 c	5.3 c	2.4 de	2.7 cd
	3	20	2.6 c	3.5 c	2.3 e	2.5 d
	air		3.0 c	4.5 c	2.7 cde	2.8 cd
	3	5	4.1a	5.4 bc	3.5a	3.8ab
	3	10	4.5a	6.1ab	3.8a	4.3a
	3	20	4.2a	6.3a	4.0a	4.2a
	air		3.7a	4.7 c	3.3a	3.3 b
5℃			5.3a	6.2a	4.7a	5.0a
0℃			2.9a	5.1 b	2.6 b	2.8 b

表9. 氣調貯藏在10℃，20天，對綠竹筍品質之影響

Table 9. Effect of CA storage on the quality of bamboo shoot stored at 10℃ for 20 days

Treatment O_2 %	CO_2 %	ASS %DW	Starch %DW	Ascorbic Acid mg/100g FW	Crude Fiber %DW
3	5	13.3	3.7	10.1	13.30
3	10	16.9	5.4	9.0	12.41
3	20	16.6	4.3	10.4	11.11
air		6.4	3.5	6.8	16.60
(21)	(0.03)				

表10. 氣調貯藏在5℃，20天，對綠竹筍品質之影響

Table 10. Effect of CA storage on the quality of bamboo shoot stored at 5℃ for 20 days

Treatment O_2 %	CO_2 %	ASS %DW	Sstarch %DW	Ascorbic Acid mg/100g FW	Crude Fiber %DW
3	5	24.6	11.6	11.0	9.4
3	10	23.5	10.8	9.1	8.7
3	20	27.7	16.5	15.0	8.6
air (21)	(0.03)	15.0	9.2	8.9	9.6

表11. 氣調貯藏在0℃，20天，對綠竹筍品質之影響

Table 11. Effect of CA storage on the quality of bamboo shoot stored at 0℃ for 20 days

Treatment O_2 %	CO_2 %	ASS %DW	Starch %DW	Ascorbic Acid mg/100g FW	Crude Fiber %DW
3	5	25.6	12.2	24.0	8.6
3	10	25.5	11.9	27.6	7.9
3	20	30.1	12.0	28.4	9.0
air (21)	(0.03)	17.6	10.2	15.0	7.5

表12. 綠竹筍以氣調貯藏在10℃、5℃。0℃、20天後之官能品評

Table 8. Sensory evaluation of CA storage for bamboo shoot stored at 10℃、5℃、0℃ for 20 days

	處	理	甜 味	纖維化	風 味	整體接受性
	O_2 %	CO_2 %				
	3	5	6.2ab	5.6 cde	5.6ab	6.2abc
10℃	3	10	7.5a	7.3ab	7.2a	7.6a
	3	20	6.5ab	6.8abcd	6.6ab	7.2ab
	air		5.4 bcd	5.8 cde	4.9 bc	5.4 cd
	3	5	4.5 cde	5.8 cde	3.9 cd	4.3 de
5℃	3	10	6.2ab	7.5a	6.2ab	6.3abc
	3	20	5.6 bc	6.8abc	5.4 bc	5.6 bcd
	air		4.0 de	5.1 e	4.0 cd	4.3 de
	3	5	3.6 e	6.0 bcde	2.8 d	3.0 e
0℃	3	10	3.4 e	6.5abcde	2.9 d	3.0 e
	3	20	3.4 e	6.1abcde	2.6 d	2.6 e
	air		3.4 e	5.3 de	2.6 d	3.0 e
	3	5	4.8 bc	5.8 b	4.1 bc	4.5 b
	3	10	5.8a	7.1a	5.5a	5.7a
	3	20	5.2ab	6.6a	4.8ab	5.1ab
	air		4.2 c	5.4 b	3.8 c	4.2 b
10℃			6.4a	6.4a	6.1a	6.6a
5℃			5.0 b	6.3a	4.7 b	5.1 b
0℃			3.4 c	6.0a	2.7 c	2.9 c

重要文獻

1.王健一、王自存 1988 大氣成分對園產品生理與生化之影響 中國園藝34：220-248

2.方祖達、區少梅 1974 預冷與貯藏溫度對蘆筍嫩莖呼吸率、品質及保鮮之影響 中國園藝 20：204-212

3.張唯勤、張啓正 1975 綠蘆筍嫩莖採收後貯藏溫度對木質素、Gibberellins和Cytokinins含量

之影響 中國園藝 21：72-78

4.張喜寧 1975 蘆筍嫩莖採收後的老化問題 中國園藝 21：171-181

5.張喜寧 1979 乙烯及貯藏條件對採收後蘆筍嫩莖長度、重量及老化之影響 中國園藝 25：58-70

6.張粲如、宋家瑋、王自存 1989 綠竹筍採收後生理與氣調貯藏之研究 中國園藝學會七十八年度年會論文宣讀摘要#51. 中國園藝 35:300

7.陳如茵、楊瑞森、錢明賽 1983 收穫後竹筍之處理與儲存 研究報告第294號 食品工業發展研究所

8.陳如茵、張長泉、錢明賽 1987 收穫後綠竹筍品質之控制 研究報告第423號 食品工業發展研究所

9.錢明賽、陳如茵、曾士洵 1984 收穫後竹筍老化及苦味產生之抑制 研究報告 第348號 食品工業發展研究所

10.蕭百合、蘇仲卿、宋賢一 1971 蘆筍嫩莖採收後一些酵素活性及代謝物含量的變化 中國農業化學會誌 19：1-11

11.蕭百合、蘇仲卿、宋賢一 1971 乙烯對蘆筍嫩莖採收後一些酵素活性及代謝物含量之影響 中國農業化學會誌 19：12-28

12.Brecht, P. E. 1980 Use of controlled atmosphere to retard deterioration of produce. Food Technol 34：45-55

13.Camm, E. L. and G. H. N. Towers. 1973 Phenylalanine ammonialyase. Phytoch emistry 12：961-973

14.Dubois, M., K. A. Gilles, J. K. Himilton, P. A. Rebers and F. Smith. 1956 Colorimrteic method for determination of sugars and a related substances. Anal. Chem. 28：350-356

15.Grisebach, H. 1981 Lignins. In：The biochemistry of plants vol. 7, E. E. Conn (ed.), Academic Press. pp 457-478

16.Haard. N. F., S. C. Sharma, R. Wolfe, and C. Frenkel. 1974 Ethylene induced isoperoxidase changes during fiber formation in postharvest asparagus. J. Food Sci. 39：452-456

17.Halbrock, K. and H. Grisebach. 1979 Enzymic control in the biosynthesis of lignins and flavonoids. Annu. Rev. Plant Physiol. 30.105-130

18.Hardenburg, R. E. et. al., 1985 Commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. United States Department of Agriculture. Agriculture Handbook Number 66. pp.7～54。

19.Herner, R. C. 1987 High CO_2 effects on plant organs, In：Postharvest physiology of vegetables J. Weichmann, (Ed.), Marcel Dekker, Inc, New York and Basel. pp.239-254。

20.Higuchi, T. and K. Kojima. 1986 The role of phenylalanine deaminase and tyrase in the lignification of bamboo. Age. Biol. Chem. 30,667-673

21.Isenberg, F. M. R. 1979 Controlled atmosphere storage of vegetables. Hort. Rev. 1：337-394.

22.Larmond, E. 1977 Laboratory method of sensory evaluation of food. Research Branch Canada

Department of Agriculture pp.73.

23.Lipton, W. J. 1965 Postharvest responses of asparagus spears to high carbon dioxide and low oxygen atmospheres. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 86 : 347-356

24.Lougheed, E. C. and D. H. Dewey 1966 Factors affecting the tenderizing effect of modified atmospheres on asparagus spears during storage. Proc. Amer. Soc. Hort Sci. 89 : 336-345.

25.Lougheed, E. C. 1987 Interactions of oxygen, carbon dioxide, temperature and ethylene that may induce injuries in vegetables. HortScinence 22 : 791-794.

26.Saltveit, Jr., M. E. 1988 Postharvest glyphosate application reduces toughening, fiber content and lignification of stored asparagus spears. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113:569-572.

27. Siriphanich, J. and A. A. Kader 1985 Effect or CO_2 on total phenolics, phenylalanine ammonialyase, and polyphenol oxidase in lettuce tissue. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110,249-253.

28.Stone Het al 1974 Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis Food Techal. 28(11) : 24-34.

29.Wang, C. Y. 1979 Effect of short-term CO_2 treatment on the market quality of stored broccoli. J. Food Sci. 444 : 1478-1482.

30.Wang, C. Y. 1983 Postharvest responses of chinese cabbage to high CO_2 treatment or low O_2 storage. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108 : 125-129.

31. Weichmann, J. 1987 Low oxygen effects. In : Postharvest physiology of vegetables. J. Weichmann, (ED.), Marcel Dekker, Inc. New York and Basel. pp.231-238.

Studies on the postharvest physiology and controlled atmosphere storage for bamboo shoots

Tsan Ru Chang

Taoyuan District Agricultural Improvement Station

Bamboo shoot is one of the important vegetebles supply in summer in Taiwan. Its respiratory rate is greatly influenced by temperature. The result of the experiment showed that the respiration was 457 mg CO_2/ Kg.hr at 30℃ 247 mg CO_2/Kg. hr at 20℃ and 31 mg CO_2/Kg. hr at 5℃ and 0℃ . They were measured at 10 hours after harvest. The ethylene evolution were also measured. Its quantity at 18 hours after harvest was the highest. It was 2.7～3.0 μ l/Kg.hr and 0.5 μ l /Kg.hr at 5℃ and 0℃ repectively. Other important factors which influenced the quality of the bamboo shoot were water loss, browning on the cut surface and toughness. These factors were also affected by temperature and ethylene.

The concentation of oxygen and carbon dioxide in the air also affected the respiration of bamboo shoot greatly. This experiment showed that 3～10％ O_2 combined with 5-20％ CO_2 could suppress the browning and toughness and also slow down the catabolism of carbonhydrates. But the disorder of the meristem and its surrounding tissue as well as off-odor happened when O_2 was lower than 3％ or 20％ of CO_2 alone was used. Physical and chemical analysis as well as panel test so far showed that the best CA storage was 3％ O_2 ＋10％O_2. Further study is needed to find better ways of maintaining good quality and flavor.